

زیست‌شناسی (1) رشته علوم تجربی پایه دهم دوره دوم متوسطه سال 97-98

تهیه‌کننده: محمد حسن منصوری

فصل سوم زیست‌شناسی (1) پایه دهم

تبادلات گازی

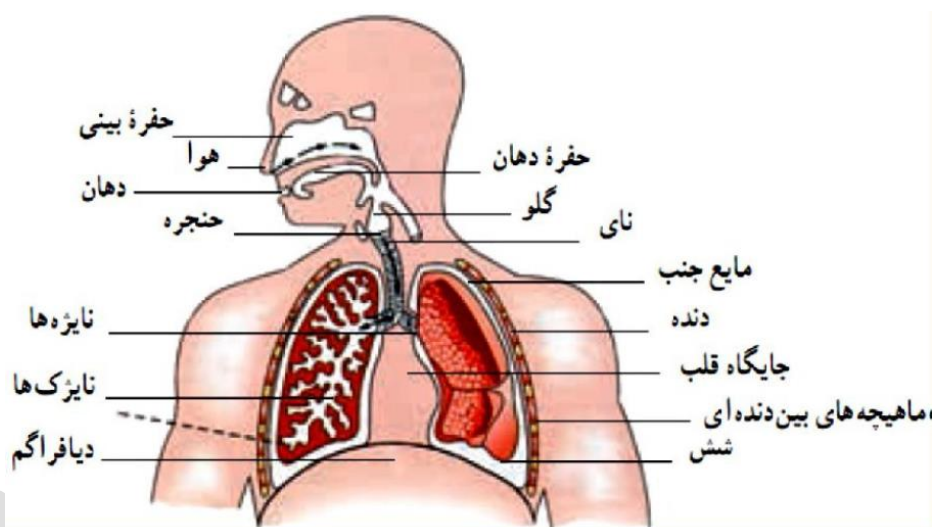


فصل 3

تبادلات گازی

گفتار 1: سازوکار دستگاه تنفس انسان

ساختمان دستگاه تنفس:



مقایسه هوای دمی و بازدمی:

هوای دمی، اکسیژن بیشتری دارد اما در هوای بازدمی، کربن دی اکسید بیشتر است.

ویژگی های خون تیره و خون روشن:

1- خون تیره: دارای اکسیژن کم، اما کربن دی اکسید زیاد است. این خون از اندام های بدن جمع آوری

می شود و به سوی شش ها می آید.

2- خون روشن: دارای اکسیژن زیاد، اما کربن دی اکسید کم است زیرا خون در شش ها، کربن

دی اکسید را از دست می دهد و از هوا اکسیژن می گیرد و توسط دستگاه گردش خون به اندام ها و

یاخته ها فرستاده می شود.

تنفس سلولی (یاخته‌ای):

- 1- انرژی فرایندهای یاخته‌ای، مستقیماً از ATP تأمین می‌شود نه از مواد مغذی.
- 2- انرژی مواد مغذی (مثل گلوکز) باید ابتدا به انرژی نهفته در ATP تبدیل شود.
- 3- واکنش تبدیل انرژی گلوکز به ATP: $ATP + \text{آب} + \text{کربن دی‌اکسید} \rightarrow ADP + \text{فسفات}$ + اکسیژن + گلوکز

4- نبود اکسیژن، باعث توقف تولید ATP از طریق واکنش تنفس یاخته‌ای می‌شود.

افزایش کربن دی‌اکسید:

- 1- ترکیب کربن دی‌اکسید با آب و تولید کربنیک اسید و کاهش PH (اسیدی شدن)
- 2- تغییر ساختار پروتئین‌ها و اختلال در عملکرد آنها
- 3- اختلال گسترده در کار یاخته‌ها و بافت‌ها

دستگاه تنفس:

1- بخش هادی:

- بخش هادی، از بینی شروع می‌شود و تا نایژک انتهایی ادامه دارد.
- هدایت هوا به درون و بیرون دستگاه تنفسی
- پاکسازی هوا از میکروب‌های بیماری‌زا و ذرات گرد و غبار
- گرم و مرطوب کردن هوای ورودی

2- بخش مبادله‌ای:

- قسمت انتهایی نایژک‌هاست که به آن حبابک می‌گویند.

- مبادله گازها بین هوا و خون

مخاط مژک دار:

- 1- پس از پوست نازک ابتدای بینی قرار دارد و سراسر بخش هادی بعد از بینی را می پوشاند.
- 2- دارای یاخته هایی است که مژک دارند و مواد ضد میکروبی ترشح می کنند.
- 3- مژک ها با حرکات ضربه ای به سمت بالا (به سمت حلق) ترشحات مخاطی و ناخالصی های به دام افتاده در آن را به سوی حلق می رانند.

ترشحات مخاطی (ماده مخاطی):

- 1- به دام انداختن ناخالصی های هوا
- 2- مرطوب کردن هوا: گازهای تنفسی برای تبادل بین شش ها و خون، باید در آب محلول باشند.

ویژگی ها و نقش بینی:

- 1- ابتدای بینی پوست نازکی دارد و پس از آن مخاط مژک دار شروع می شود.
- 2- موهای بینی مانع از ورود ناخالصی های هوا به دستگاه تنفس می شود.
- 3- به دلیل وجود شبکه ای رگ هایی با دیواره نازک، هوای ورودی به بینی را گرم می کند.
- 4- شبکه رگ های بینی، به سطح درونی بینی بسیار نزدیک است و آسیب پذیری بیشتری دارد.

ویژگی های گلو و حنجره:

- 1- گلو (حلق) گذرگاهی ماهیچه ای است که هوا و غذا از آن عبور می کنند.
 - 2- انتهای گلو دو راه وجود دارد:
- مری که در پشت نای قرار دارد و مسیر غذا از دهان به معده است.
 - حنجره که در جلو قرار گرفته و ابتدای نای است که دو وظیفه اصلی دارد:

✓ باز نگهداشتن مجرای عبور هوا توسط دیواره غضروفی

✓ جلوگیری از ورود غذا به مجرای تنفسی (نای) توسط اپی گلوت

حلقه‌های غضروفی نای:



1- شبیه به حرف C یا نعل اسب است که مجرای نای را همیشه

باز نگه می‌دارد.

2- دهانه غضروف (دهانه حرف C) به سمت مری قرار دارد و

باعث می‌شود که حرکت لقمه‌های بزرگ غذا به آسانی درون مری انجام شود.

نایژه‌ها:

1- نای در انتهای خود دوشاخه شده و دو نایژه

اصلی را ایجاد می‌کند که:

- هر نایژه اصلی وارد یک شش می‌شود.

- در شش به نایژه‌های باریک‌تر تقسیم می‌شود.

2- هرچه به سمت نایژه‌های باریک‌تر برویم، از

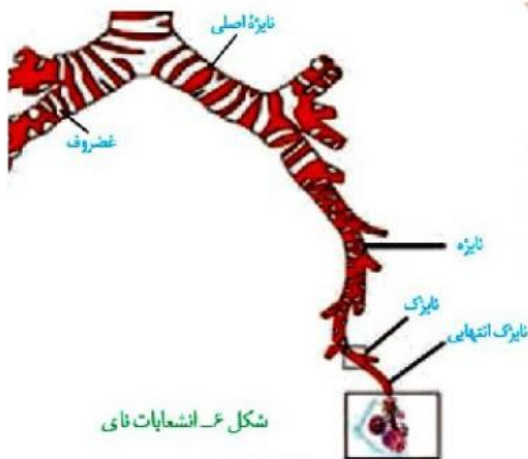
مقدار غضروف کم می‌شود.

نایژک‌ها:

1- انشعابات نایژه‌ها که غضروف ندارد، نایژک نامیده می‌شود.

2- نبود غضروف در نایژک‌ها، توانایی تنگ و گشاد شدن به آن‌ها می‌دهد.

3- تغییر قطر نایژک‌ها، مقدار هوای ورودی و خروجی را کنترل (واپایش!) می‌کند.



4- به آخرین انشعابات نایژک‌ها در بخش هادی، نایژک‌های انتهایی گفته می‌شود. (که در نهایت به

حبابک ختم می‌شود).

ساختار بافتی دیواره نای:

دیواره نای به ترتیب از درون به بیرون شامل چهار لایه است:

1- مخاط با یاخته‌های استوانه‌ای مژک‌دار

2- زیر مخاط که دارای غده‌های ترشحی، رگ‌های خونی و

اعصاب است.

3- لایه غضروفی - ماهیچه‌ای، که باعث استحکام و انعطاف پذیری نای می‌شود.

4- لایه پیوندی

بخش مبادله‌ای:

1- نایژک مبادله‌ای:

- نایژکی را که روی آن حبابک وجود دارد، نایژک

مبادله‌ای می‌نامند.

- در انتهای نایژک مبادله‌ای، اجتماع حبابک‌ها،

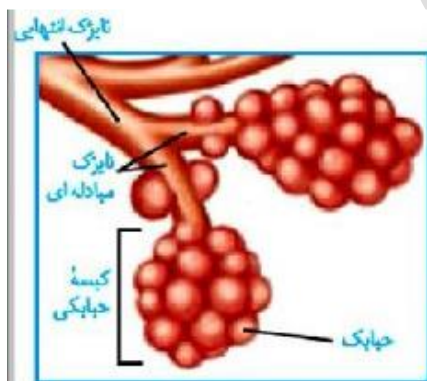
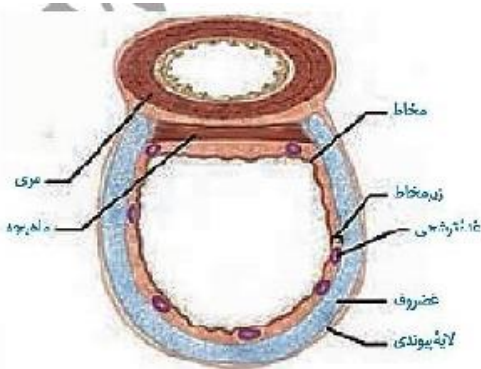
ساختاری شبیه به خوشه انگور به نام کیسه حبابکی پدید آورده است.

- مخاط مژک‌دار در نایژک‌های مبادله‌ای وجود دارد ولی در حبابک‌ها وجود ندارد.

2- حبابک:

- هر بخش خوشه‌ای در انتهای نایژک‌های مبادله‌ای را که مجموعه‌ای از حبابک‌هاست، کیسه

حبابکی می‌گویند.



- درون جابک‌ها سلول‌هایی به نام ماکروفاژ (درشت‌خوار!) وجود دارد که با تحرک زیاد و عمل فاگوسیتوز (بیگانه‌خواری) ناخالصی‌هایی که از مخاط مژک‌دار گریخته‌اند را نابود می‌کنند.
 - اطراف جابک‌ها را مویرگ‌های خونی فراوان احاطه کرده است.
 - ورود هوا به کیسه‌های جابکی شش‌ها، حجم آن‌ها را افزایش می‌دهد.
 - سطح درون کیسه‌های جابکی (که در تماس با هواست) را لایه نازکی از آب می‌پوشاند.
- و بنابراین نیروی کشش سطحی آب، مانع از افزایش حجم کیسه‌های جابکی می‌شود، حال ماده ای به نام سورفاکتانت این عامل را کاهش می‌دهد تا افزایش حجم بتواند رخ دهد

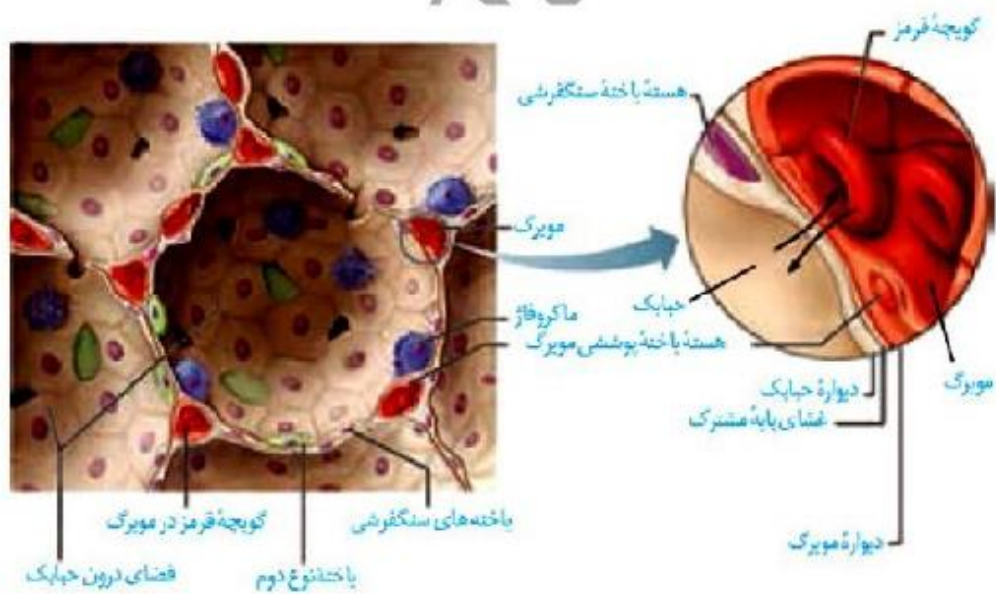
سورفاکتانت (عامل سطح فعال):

- 1- ماده‌ای است که از برخی از یاخته‌های جابک‌ها ترشح می‌شود.
- 2- نیروی کشش سطحی را کاهش می‌دهد و در نتیجه باز شدن جابک‌ها را آسان می‌کند.
- 3- در اواخر دوران جنینی ساخته می‌شود، بنابراین نوزادان زودرس، به سختی نفس می‌کشند.

مسیر عبور گازهای تنفسی:

- 1- دیواره جابک‌ها و دیواره مویرگ‌ها هر دو از بافت پوششی سنگفرشی یک لایه بسیار نازک تشکیل شده است.
- 2- در برخی قسمت‌ها، بافت پوششی جابک و مویرگ هر دو از یک غشای پایه مشترک استفاده می‌کنند. به همین دلیل مسافت انتشار گازها به حداقل رسیده است.

یاخته‌های دیواره جابک:



- 1- یاخته‌های نوع اول: سنگفرشی و فراوان هستند.
- 2- یاخته‌های نوع دوم: با ظاهر کاملاً متفاوت و کمتر هستند و سورفاکتانت ترشح می‌کنند.
- 3- توجه کنید که ماکروفازها جزو یاخته‌های دیواره جابک طبقه‌بندی نمی‌شوند.

انتقال اکسیژن:

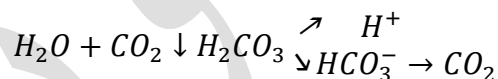
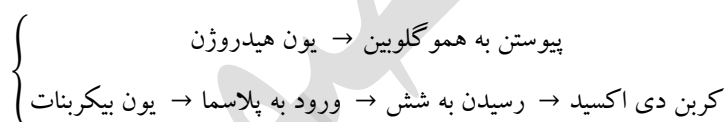
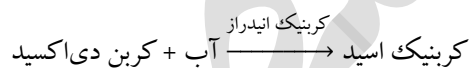
- 1- 3 درصد در پلاسما (خوناب) حل می‌شود.
- 2- 97 درصد با هموگلوبین ترکیب می‌شود.

انتقال کربن دی‌اکسید:

- 1- 7 درصد در پلاسما (خوناب) حل می‌شود.
- 2- 23 درصد با هموگلوبین ترکیب می‌شود.
- 3- 70 درصد به صورت یون بیکربنات حل می‌شود که توضیحات آن به شرح زیر است:

- در گلوبول قرمز، کربن دی‌اکسید توسط آنزیم کربنیک انیدراز با آب ترکیب شده و کربنیک اسید تولید می‌شود.

- کربنیک اسید به سرعت به یون هیدروژن (H^+) و یون بیکربنات تبدیل می‌شود.
- یون هیدروژن به هموگلوبین متصل می‌شود بنابراین از اسیدی شدن خون جلوگیری می‌شود.
- ✓ یون هیدروژن باعث اسیدی شدن و یون بیکربنات باعث قلیایی شدن می‌شود.
- یون بیکربنات از گلبول قرمز خارج شده و وارد پلاسما می‌شود.
- با رسیدن خون به شش‌ها، کربن دی‌اکسید از بیکربنات جدا شده و وارد کیسه‌های حبابکی می‌شود و از طریق بازدم از شش‌ها خارج می‌گردد.
- واکنش‌های توضیح شده در بالا را در پایین به صورت خلاصه مشاهده کنید:



هموگلوبین:

- 1- پروتئینی است که از چهار زنجیره پلی‌پپتیدی تشکیل شده است و در گلبول‌های قرمز فراوان است.
 - پلی‌پپتید، زنجیره‌ای از تعداد زیادی آمینواسید است که به هم متصل شده‌اند.
 - یک یا چند پلی‌پپتید با پیچ و تاب خوردن و ایجاد شکل فضایی، به پروتئین تبدیل می‌شوند.
- 2- هر رشته پلی‌پپتیدی به یک گروه غیر پروتئینی به نام گروه هم متصل است.
- 3- هر گروه هم، دارای یک اتم آهن است که می‌تواند به طور برگشت پذیر به یک مولکول اکسیژن (O_2) متصل شود. یعنی اکسیژن پس از اتصال به اتم آهن می‌تواند دوباره از آن جدا شود.

4- پس در هر مولکول هموگلوبین، 4 زنجیره پلی پپتید، 4 گروه هم یا 4 اتم آهن وجود دارد که می تواند با حداکثر 4 مولکول اکسیژن ($4O_2$) پیوند برقرار کند.

5- پیوستن و یا جدا شدن اکسیژن و کربن دی اکسید به (از) هموگلوبین، بستگی به غلظت این دو گاز دارد.

6- غلظت اکسیژن

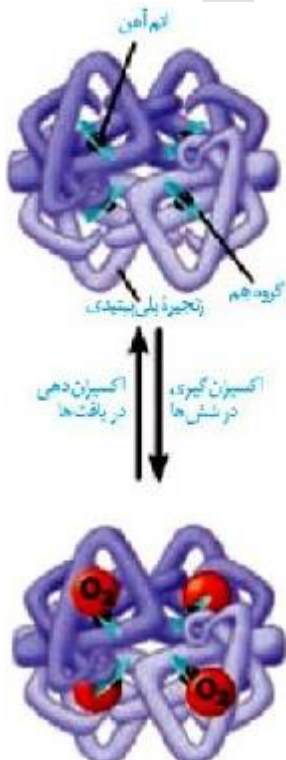
- در خون مویرگ های ششی، غلظت آن زیاد است بنابراین به هموگلوبین متصل می شود.
- در مجاورت بافت ها، غلظت آن کم است بنابراین از هموگلوبین جدا می شود.

7- کربن دی اکسید:

- در مجاورت بافت ها، به هموگلوبین متصل می شود.
- در شش ها، از هموگلوبین جدا می شود.

8- کربن مونو کسید (CO):

- به محل اتصال اکسیژن بر روی هموگلوبین متصل می شود.
- پس از اتصال، به آسانی از هموگلوبین جدا نمی شود.
- مانع پیوستن اکسیژن به هموگلوبین می شود.
- ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می دهد.
- یک گاز سمی است و تنفس این گاز باعث افزایش آن در خون و در نتیجه مرگ می شود.



گفتار 2: تهویه ششی

ساختار شش‌ها:

- 1- شش، مجموعه‌ای از لوله‌های منشعب شونده، کیسه‌های حبابکی و رگ‌ها است که توسط یک بافت پیوندی احاطه شده است.
- 2- شش‌ها درون قفسه سینه و روی پرده‌ای ماهیچه‌ای به نام دیافراگم قرار دارد.
- 3- شش چپ از شش راست کمی کوچک‌تر است (به علت مجاورت با قلب).
- 4- بیشترین حجم شش‌ها را کیسه‌های حبابکی اشغال کرده است.
- 5- مویرگ‌های خونی فراوانی اطراف کیسه‌های حبابکی را احاطه کرده است.

پرده جنب:

- 1- پرده دو لایه‌ای است که اطراف شش‌ها را فرا گرفته و شش‌ها را به قفسه سینه متصل می‌کند.
- 2- یکی از لایه‌های آن به سطح شش و لایه دیگر به سطح درونی قفسه سینه چسبیده است.
- 3- فضای کم بین دو لایه با مایع جنب پر شده است.

دو ویژگی مهم شش:

- 1- پیروی از حرکات قفسه سینه:
 - با انبساط قفسه سینه، شش‌ها نیز منبسط می‌شوند.
 - در نتیجه به دلیل کاهش فشار هوای درون شش‌ها، هوای بیرون، به درون شش‌ها کشیده می‌شود.
- 2- کشسانی: شش‌ها پس از کشیده شدن (منبسط شدن) تمایل دارند به حالت قبل بازگردند که این ویژگی در بازدم نقش مهمی دارد.

عمل دم:

1- فرایندی فعال است که در نتیجه افزایش حجم قفسه سینه رخ می‌دهد و دو عامل در آن دخالت

دارد:

- انقباض ماهیچه دیافراگم و مسطح شدن آن
- انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی که در پی آن دو تغییر رخ می‌دهد.

✓ حرکت دنده‌ها به سمت بالا و جلو

✓ حرکت جناغ به جلو

2- دیافراگم در تنفس آرام و طبیعی نقش اصلی را دارد.

3- در دم عمیق، انقباض ماهیچه‌های ناحیه گردن نیز به افزایش حجم قفسه سینه کمک می‌کند.

عمل بازدم:

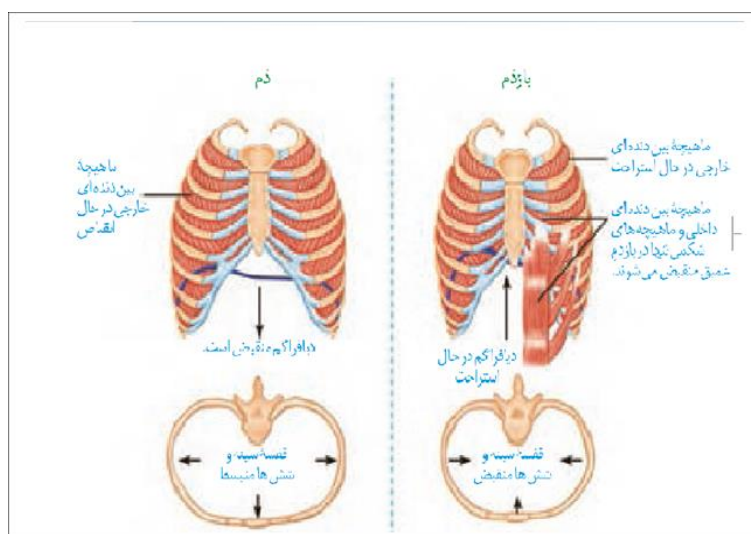
1- بازدم عادی: با کاهش حجم قفسه سینه و حجم شش‌ها، هوای درون آن به بیرون رانده می‌شود و

علت آن:

- استراحت ماهیچه دیافراگم
- استراحت ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی
- کشسانی شش‌ها

2- بازدم عمیق: کاهش بیشتر حجم قفسه سینه به دلیل:

- انقباض ماهیچه‌های بین دنده‌ای داخلی
- انقباض ماهیچه‌های شکمی



حجم‌های تنفسی:

1- چگونگی دم و بازدم، در مقدار هوایی که به شش‌ها وارد یا از آن‌ها خارج می‌شوند موثر است.

2- دم سنج (اسپیرومتر) دستگاهی است که با آن حجم‌های تنفسی را اندازه می‌گیرند.

دم‌نگاره (اسپیروگرام) نموداری است که دم‌سنج از دم و بازدم‌های فرد رسم می‌کند.

انواع حجم‌های تنفسی:

1- حجم جاری: مقدار هوایی که در یک دم عادی وارد شش، و یا در یک بازدم عادی از شش خارج

می‌شود.

• $\text{حجم تنفسی در دقیقه} = \text{حجم جاری} \times \text{تعداد تنفس در دقیقه}$

2- حجم ذخیره‌دمی: مقدار هوایی که می‌توان پس از یک دم معمولی، با یک دم عمیق به شش‌ها وارد

کرد.

3- حجم ذخیره بازدمی: مقدار هوایی که می توان پس از یک بازدم معمولی، با یک بازدم عمیق از شش ها خارج کرد.

4- حجم باقی مانده: مقدار هوایی که حتی پس از یک بازدم عمیق در شش ها باقی می ماند و خارج نمی شود. اهمیت آن

- باعث می شود حبابک ها همیشه باز بمانند.

- امکان تبادل گازها در فاصله بین دو تنفس فراهم می شود.

5- حجم مرده: بخشی از هوای دمی که در بخش هادی دستگاه تنفس باقی می ماند و به بخش مبادله ای نمی رسد.

6- مقدار حجم های تنفسی در فرد سالم، به سن و جنسیت او بستگی دارد.

ظرفیت های تنفسی:

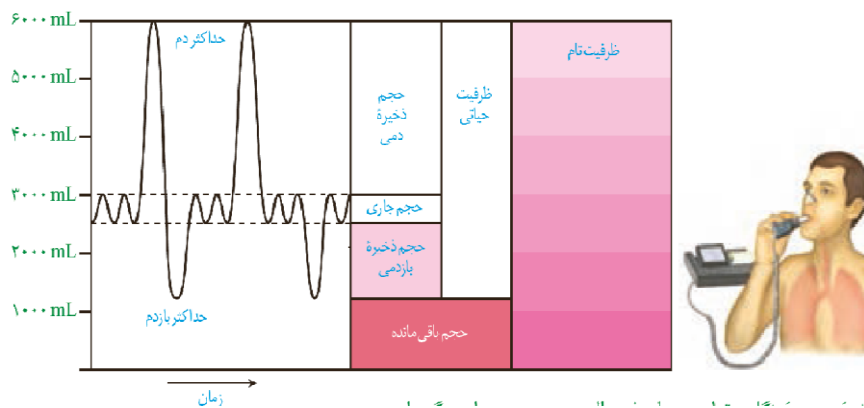
1- به مجموع دو یا چند حجم تنفسی، ظرفیت تنفسی گفته می شود.

2- ظرفیت حیاتی: مقدار هوایی که پس از یک دم عمیق و با یک بازدم عمیق می توان از شش ها خارج کرد.

- ظرفیت حیاتی = حجم جاری + حجم ذخیره دمی + حجم ذخیره بازدمی

3- ظرفیت تام: حداکثر مقدار هوایی که شش ها می توانند در خود جای دهند.

- ظرفیت تام = حجم باقی مانده + ظرفیت حیاتی



- مقدار حجم ها در فرد سالم به سن و جنسیت بستگی دارد.

تکلم:

1- پرده های صوتی:

- در حنجره قرار گرفته اند.
- حاصل چین خوردگی مخاط به سمت داخل اند.
- برخورد هوای بازدمی به پرده های صوتی، باعث ارتعاش آنها و تولید صدا می شود.

2- واژه سازی: به وسیله لب ها و دهان (زبان و دندان ها) انجام می شود.

3- تکلم تحت کنترل (واپایش!) مراکز عصبی تکلم است.

سرفه و عطسه:

- 1- ورود ذرات خارجی و گازهای مضر به مجاری تنفسی باعث ایجاد سرفه و عطسه می شود.
- 2- هوا به همراه ذرات خارجی، توسط عطسه (از راه بینی) و سرفه (از راه دهان و بینی) با فشار خارج می شود.

3- پیامدهای ناشی از مصرف دخانیات:

- از بین رفتن یاخته های مژک دار مخاط تنفسی

ابتلا به سرفه‌های مکرر به منظور خارج کردن مواد خارجی

تنظیم تنفس:

1- مراکز تنفس (در عمل دم):

• بصل النخاع:

✓ ارسال پیام دم از یاخته‌های عصبی بصل النخاع به ماهیچه‌های بین دنده‌ای خارجی و

دیافراگم

✓ انقباض ماهیچه‌های دیافراگم و بین دنده‌ای خارجی و انجام دم

• پل مغزی:

✓ در بالای بصل النخاع و در زیر مخ قرار دارد که مدت زمان دم را تنظیم می‌کند.

✓ تاثیر پل مغزی روی مرکز تنفس در بصل النخاع و خاتمه دم

✓ ارسال پیام از شش‌ها به ترتیب زیر:

■ پر شدن بیش از حد شش‌ها

■ کشیدگی ماهیچه‌های صاف دیواره نایژه‌ها و نایژک‌ها

■ ارسال پیام عصبی از ماهیچه‌های صاف به مرکز تنفس در بصل النخاع

■ توقف دم

2- بازدم: با پایان یافتن دم و به صورت زیر انجام می‌شود:

• به طور غیرفعال، یعنی بدون نیاز به پیام عصبی

• بازگشت ماهیچه‌های بین دنده‌ای و دیافراگم به حالت استراحت

• خاصیت کشسانی شش‌ها نیز در بازدم نقش دارد.

3- افزایش کربن دی‌اکسید: از عوامل موثر در تنظیم تنفس است:

- افزایش کربن دی‌اکسید خون با اثر بر مرکز تنفس در بصل‌النخاع، آهنگ تنفس را افزایش می‌دهد.
- نیاز بدن به دفع کربن دی‌اکسید، محرک مهمی برای نفس کشیدن است.

4- کاهش اکسیژن:

- گیرنده‌هایی در سرخرگ آئورت و سرخرگ‌های ناحیه گردن وجود دارد که به کاهش اکسیژن حساس‌اند.
- در صورت کاهش اکسیژن خون، این گیرنده‌ها پیام عصبی به نخاع ارسال می‌کنند.
- در صورت کاهش شدید اکسیژن، نیاز به اکسیژن، محرک مهمتری برای تنفس محسوب می‌شود.



گفتار 3: تنوع تبادلات گازی

روش‌های اصلی برای تنفس در جانداران:

1- تنفس ناییدی

2- تنفس پوستی

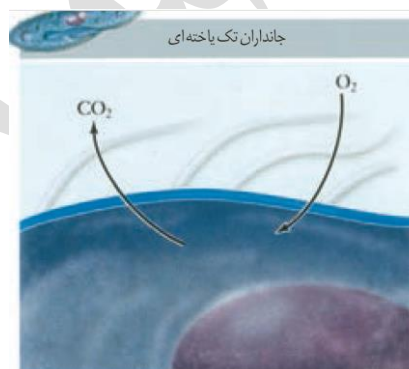
3- تنفس آبششی

4- تنفس ششی

تنفس در تک سلولی‌ها، هیدر آب شیرین و کرم پهن:

1- در این جانداران، همهٔ یاخته‌های بدن به محیط بیرون دسترسی دارند.

2- گازها مستقیماً بین یاخته‌ها و محیط مبادله می‌شوند.



تنفس ناییدی:

1- ناییدس‌ها، لوله‌های منشعب و مرتبط با هم هستند که با کیتین پوشیده شده‌اند.

2- ناییدس‌ها از طریق منافذ تنفسی سطح بدن (که در ابتدای ناییدس قرار دارند)، به خارج باز

می‌شوند.

3- ناییدس‌ها ساختاری دارند که با بستن منافذ، از هدر رفتن آب بدن جلوگیری می‌کند.

4- نایدیس ها به انشعابات کوچک تری تقسیم می شوند.

5- انتهای انشعابات پایانی، بسته و فاقد کیتین است و در کنار تمام یاخته های بدن قرار می گیرد.

6- مایع درون انشعابات پایانی، تبادلات گازی را ممکن می سازد.

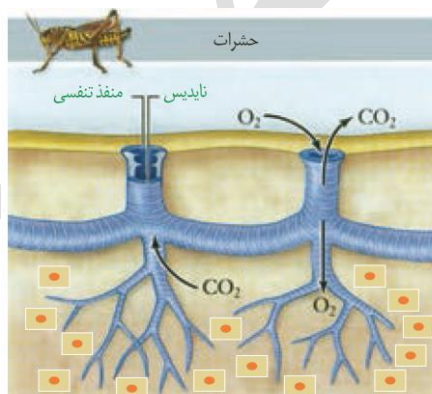
7- به دلیل فاصله بسیار کم بین یاخته ها و نایدیس های انتهایی، گازها از طریق انتشار مبادله می شوند.

8- این نوع تنفس در بی مهرگان خشکی زی مثل حشرات و صدپایان وجود دارد.

9- در جانورانی که تنفس نایدیسی دارند، دستگاه گوارش مواد در انتقال گازهای تنفسی نقشی ندارد.

(مثلا در انسان، دستگاه گردش مواد یا همان دستگاه گردش خون نقش اصلی را در انتقال گازهای

تنفسی دارد)



تنفس پوستی:

1- بی مهرگانی مثل کرم خاکی:

- دارای شبکه مویرگی زیرپوستی با مویرگ های فراوان
- این شبکه مویرگی، گازها را با هوای درون فضاهای خالی بین ذرات خاک، مبادله می کند.

2- برخی مهره داران دارای شش:

- مانند لاک پشت های آبی، سمندرهای شش دار و مارهای آبی

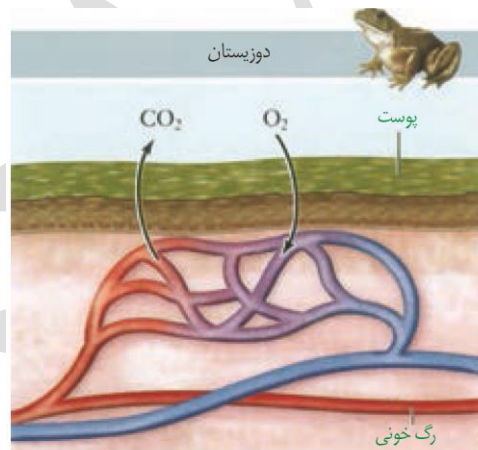
- این مهره‌داران از تنفس پوستی برای کمک به تبادلات گازی استفاده می‌کنند. (دقت کنید که این مهره‌داران دارای تنفس اصلی ششی هستند و تنفس پوستی یک تنفس کمکی است).

3- دوزیستان:

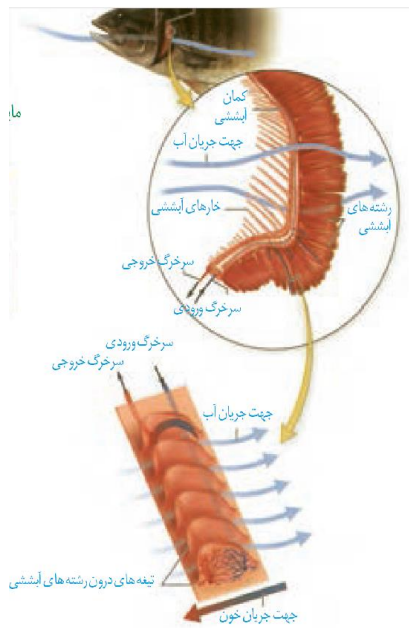
- بیشترین تبادلات گازی در این جانوران از طریق پوست انجام می‌شود.
- پوست دوزیستان، ساده‌ترین ساختار در اندام‌های تنفسی مهره‌داران است.
- قورباغه‌ها، به منظور تبادل گازها، دارای شبکه مویرگی یکنواخت و وسیعی در زیر پوست خود هستند.
- مادهٔ مخاطی لغزنده:

✓ پوست آن‌ها را مرطوب نگه می‌دارد.

✓ به افزایش کارایی تنفس پوستی کمک می‌کند.



تنفس آبششی:



1- ساده ترین آبشش ها، برجستگی های کوچک و پراکنده

پوستی هستند، مانند آبشش های ستاره دریایی

2- آبشش:

• آبشش خارجی: این نوع آبشش، از سطح بدن بیرون زده

است (در سطح خارجی بدن قرار دارد).

✓ این آبشش در لارو برخی از ماهیان و لارو

تمام دوزیستان دیده می شود. (لارو، به

نوزادان تازه از تخم درآمده گفته می شود!)

• آبشش داخلی: این نوع آبشش، در سطح داخلی بدن قرار دارد.

✓ ماهیان بالغ دارای این نوع آبشش هستند.

✓ تبادل گازها از طریق سطوح آبشش های داخلی بسیار کارآمدتر است.

✓ جهت حرکت خون در مویرگ ها، و عبور آب در دو طرف تیغه های آبششی،

برخلاف یکدیگر است.

تنفس نشی:

1- بی مهرگان خشکی زی: مثل حلزون و لیسه (حلزون بی خونه!)

2- مهره داران خشکی زی



انواع سازوکار در تهویه:

1- پمپ فشار مثبت: با انقباض عضلات دهان و حلق، هوا را با فشار به درون شش‌ها وارد می‌کنند:

دوزیستان و برخی خزندگان



پمپ فشار مثبت در

2- پمپ فشار منفی: مکیده شدن هوا به درون شش‌ها: پرندگان و پستانداران و بیشتر خزندگان

تنفس در پرندگان:

1- به علت پرواز، انرژی بیشتری مصرف می‌کنند بنابراین به اکسیژن بیشتری نیاز دارند.

2- تنفس در پرندگان نیازمند دو چرخه تنفسی کامل (دم و بازدم) است.

3- علاوه بر شش، دارای کیسه‌های هوادار هستند که کارایی تنفس آن‌ها را نسبت به پستانداران بیشتر کرده است.

4- کیسه‌های هوادار، 9 کیسه انعطاف پذیرند و در دو طرف گردن و استخوان‌های بازو وجود دارند.

5- مراحل تنفس در پرندگان: (خارج از کتاب)

• هنگام دم:

✓ مقدار بیشتر هوای تهویه نشده، بدون عبور از شش‌ها، به کیسه‌های هوادار عقبی می‌رود.

✓ در این هنگام هوایی که قبلاً در شش‌ها تهویه شده، به کیسه‌های هوادار جلویی می‌رود.

• هنگام بازدم:

✓ هوای تهویه نشده در کیسه‌های هوادار عقبی برای تبادل گازها، وارد شش‌ها می‌شود.
✓ هوای تهویه شده در کیسه‌های هوادار جلویی از راه نای، خارج می‌شود.

• هوای تهویه شده: هوایی که اکسیژن آن در شش‌ها وارد خون شده است (کم اکسیژن)

• هوای تهویه نشده: هوایی که اکسیژن آن در شش‌ها هنوز با خون مبادله نشده است (پراکسیژن).

